

Kerentanan Sub-Sektor Tanaman Pangan Terhadap Perubahan Iklim

Vulnerability of Food Crops Sub-Sector to Climate Change

Woro Estiningtyas, Elza Surmaini, Erni Susanti

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Jl. Tentara Pelajar No. 1A, Cimanggu, Bogor 16111. Email: woro_esti@yahoo.com

Diterima 9 Oktober 2016; Direview 7 November 2016; Disetujui dimuat 27 November 2016

Abstrak. Sub-sektor tanaman pangan sangat rentan dipengaruhi oleh perubahan iklim. Makalah ini menyajikan tinjauan tentang kerentanan sub sektor tanaman pangan terhadap perubahan iklim. Pembahasan meliputi konsep kerentanan, faktor-faktor penentu tingkat kerentanan, keragaan dan tingkat kerentanan pangan Nasional serta arah dan strategi mengurangi tingkat kerentanan pangan. Tingkat kerentanan dinilai berdasarkan tiga parameter yaitu sensitivitas, keterpaparan dan kapasitas adaptasi, sedangkan tren bencana dan iklim masuk sebagai ancaman dan risiko. Peta yang disusun terdiri atas peta kerentanan pangan dan peta risiko iklim. Penggabungan kedua komponen tersebut akan membentuk peta kerentanan pangan dan risiko iklim. Beberapa instansi telah menyusun peta kerentanan berdasarkan tujuan dan target yang ingin dicapai, seperti Badan Ketahanan Pangan, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Peta kerentanan pangan dan risiko iklim yang disusun oleh Badan Litbang Pertanian telah memperhitungkan aspek sumberdaya lahan, iklim dan air. Berdasarkan keragaan dan tingkat kerentanan pangan Nasional, sebagian besar provinsi di Indonesia masih berada pada tingkat kerentanan sedang, tinggi, dan sangat tinggi, sementara untuk tingkat kerentanan rendah dan sangat rendah masih sangat terbatas. Tingkat kerentanan dapat diturunkan melalui upaya adaptasi. Faktor determinan yang dihasilkan dari setiap tingkat kerentanan akan menjadi titik tolak utama dalam menyusun rekomendasi adaptasi.

Kata kunci: Kerentanan Pangan / Perubahan Iklim / Iklim Eskstrem / Risiko Iklim

Abstract. The food crop sub-sector is very vulnerable to the negative effects of climate change. This paper presents an overview of the vulnerability of the food crop sub-sector to climate change. The discussion includes the concept of vulnerability, the determinants of vulnerability level, the performance and the level of national food insecurity, as well as strategies of reducing the level of food insecurity. The level of vulnerability assessed on the basis of three parameters: sensitivity, exposure and adaptive capacity, while the trend of climate disasters is considered as threats and risks. The compiled maps consists of food insecurity and climate risk maps. Merging these two components formed a map of food insecurity and climate risks. Some agencies have compiled maps of vulnerability based on the objectives and targets, such as BKP, BMKG, KLHK and Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD). The food insecurity and climate risk maps compiled by IAARD have taken into account the aspect of land resources, climate and water resources. Based on the performance and the level of national food insecurity, most of the provinces in Indonesia are considered as having medium, high and very high vulnerability, and only limited areas having low and very low vulnerability. The level of vulnerability can be reduced through adaptation measures. Determinant factors of each level of vulnerability will be the main starting point in developing adaptation recommendations.

Keywords: Food Vulnerability / Climate Change / Climate Extreme / Climate Risk

PENDAHULUAN

Dalam *Assessment Report 5 IPCC* (2014) diprediksi akan terjadi peningkatan kerentanan berbagai sektor termasuk pertanian akibat kenaikan muka air laut yang menyebabkan intrusi air laut, peningkatan intensitas angin puting dan adanya kemungkinan terjadi panas eskترم dan gelombang panas (*heatwaves*) di Asia. Selanjutnya dinyatakan bahwa fenomena perubahan iklim terjadi karena perbuatan manusia dan bukan bencana alam. Salah

satu upaya mengantisipasi agar dampak perubahan iklim tidak lebih besar adalah mengintegrasikan kajian kerentanan perubahan iklim dengan prioritas dan rencana pembangunan nasional jangka pendek, menengah dan panjang. Dengan demikian program dan proyek pembangunan dapat menjadi sarana untuk mengurangi tingkat kerentanan sekaligus meningkatkan daya lenting masyarakat. Kajian tersebut harus dilakukan dengan mempertimbangkan risiko perubahan iklim dan dampaknya terhadap peningkatan kerentanan wilayah dan masyarakat.

Sektor Pertanian masih tetap menjadi salah satu basis utama pembangunan ekonomi Indonesia. Sumbangan sektor pertanian bukan hanya dalam posisinya sebagai penyedia pangan dan besarnya nilai GDP, tetapi juga memberikan kontribusi sangat signifikan dalam penyerapan tenaga kerja. Pengembangan sub-sektor tanaman pangan khususnya padi, sangat berperan dalam penyediaan pangan bagi masyarakat, sementara sub-sektor lainnya juga memberikan peluang besar dalam menopang sumber pendapatan dan penghasilan berbagai produk pertanian, serta memperbaiki kondisi ekonomi dan lingkungan.

Di sisi lain, sektor pertanian menghadapi ancaman berupa degradasi sumberdaya lahan, pencemaran lahan pertanian, konversi lahan serta kepemilikan lahan pertanian di tingkat petani yang sangat kecil (rata-rata <0,5 ha). Dalam beberapa tahun terakhir, sektor pertanian juga dihadapkan pada tantangan yang semakin berat yaitu kejadian iklim ekstrem yang menunjukkan tren semakin meningkat. Banjir, kekeringan dan serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) merupakan dampak yang sering muncul akibat kejadian iklim ekstrem. Hal ini akan berpengaruh terhadap berkurangnya luas tanam dan produksi tanaman pangan khususnya padi dan pada akhirnya akan mengganggu ketahanan pangan.

Sensitivitas ketahanan pangan suatu wilayah terhadap perubahan iklim dapat diindikasikan melalui tingkat kerentanannya. Kerentanan sektor pertanian terhadap perubahan iklim adalah tingkat kekurangberdayaan suatu sistem usahatani dalam mempertahankan dan menyelamatkan tingkat produktivitasnya secara optimal dalam menghadapi cekaman perubahan iklim. Oleh karena itu, dalam analisis dan kajian tentang kerentanan pangan, faktor iklim merupakan salah satu faktor yang diperhitungkan terhadap dinamika ketersediaan pangan baik lokal maupun nasional.

Pengaruh variabilitas iklim juga perlu dikaji dan diteliti dalam kaitannya dengan ketahanan pangan. Naylor *et al.* (2001) mengatakan model yang menghubungkan variabilitas iklim ENSO berbasis produksi beras musiman dan ketahanan pangan di Indonesia belum dikembangkan dengan baik atau belum banyak digunakan dalam konteks kebijakan. Hasil penelitian menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara ENSO dengan produksi beras di Jawa, di mana Jawa adalah penghasil 55% beras di Indonesia. Selama *El-Niño* kuat produksi padi menurun. Prediksi kuantitatif efek ENSO pada panen padi dapat digunakan untuk

mengelola ketahanan pangan. Pengaruh perubahan iklim terhadap produksi beras: 1) Setiap kenaikan konsentrasi CO₂ 75 ppm hasil padi akan meningkat 0,5 t ha⁻¹ tetapi setiap kenaikan temperatur 1°C akan menurunkan hasil 0,6 t ha⁻¹ (Sheehy *et al.* 2005), 2) Setiap kenaikan suhu minimum di musim kering 1°C akan menurunkan hasil 10% (Peng *et al.* 2004), 3) Kenaikan temperatur harian 1°C akan menurunkan hasil tanaman utama 5-7% (Matthews *et al.* 1997), dan 4) Penurunan produksi umumnya berhubungan dengan berkurangnya pembentukan biomas, semakin pendeknya periode tumbuh dan meningkatnya respirasi (Matthews dan Wassmann 2003).

Kajian kerentanan penting dilakukan di Indonesia karena beberapa faktor terkait kondisi geografis, biofisik dan faktor sosial. Posisi geografis Indonesia yang dipengaruhi oleh beberapa fenomena global yang menjadi pemicu kejadian iklim ekstrem, wilayah yang berbentuk kepulauan dengan garis pantai yang panjang dan kondisi tanah yang subur yang menyebabkan tingginya risiko bencana hidrometeorologi. Tingkat kerentanan akan semakin tinggi dengan jumlah penduduk yang besar dan terkonsentrasi di daerah perkotaan, masih tingginya tingkat kemiskinan yang menyebabkan masih rendahnya kapasitas adaptasi. Di lain pihak, kebijakan pemerintah yang belum sepenuhnya diintegrasikan untuk penanganan dampak perubahan iklim seperti pengembangan wilayah di daerah rawan bencana, pengembangan wilayah pertanian baru yang belum mempertimbangkan kerentanan terhadap perubahan iklim.

Penelitian dan kajian tentang kerentanan pangan telah dilakukan oleh beberapa instansi seperti Badan Ketahanan Pangan (BKP), Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), dan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) dengan masing-masing tujuan dan sasaran yang ingin dicapai. Untuk mendapatkan gambaran tentang keragaman dan perkembangan tentang kerentanan pangan, maka perlu disampaikan tinjauan dan ulasan tentang tema tersebut. Selain itu, penelitian tentang kerentanan pangan dan risiko iklim diharapkan dapat membantu dalam memberikan opsi adaptasi terhadap perubahan iklim, yaitu dalam memberikan gambaran tentang sebaran wilayah dengan berbagai tingkat kerentanan pangan dan risiko iklim. Berdasarkan tingkat kerentanan pangan dan risiko di setiap wilayah dapat ditentukan faktor determinan yang dapat digunakan sebagai tolak ukur dalam penentuan prioritas program-

program yang perlu dilakukan oleh wilayah yang bersangkutan. Kedua hal tersebut diatas merupakan pendekatan dalam menjawab dua pertanyaan kunci adaptasi sektor pertanian terhadap perubahan iklim, yaitu bagaimana mengidentifikasi tingkat risiko iklim wilayah produksi pertanian dan apa yang harus diprogramkan untuk wilayah tersebut. Tujuan dari penulisan makalah ini adalah menyajikan hasil-hasil penelitian terkait kerentanan pangan dalam bentuk tinjauan dan ulasan serta perkembangan hasil penelitian kerentanan pangan dan risiko iklim yang dilakukan oleh Badan litbang pertanian.

KONSEP KERENTANAN

Konsep kerentanan berakar di berbagai bidang seperti perubahan iklim, bencana alam, ketahanan pangan dan ekologi politik dimana memiliki berbagai pengertian dan interpretasi. Kerentanan biofisik biasanya berkaitan dengan kemungkinan dampak bencana alam dengan fokus pada besarnya, frekuensi dan tingkatannya. Di sisi lain kerentanan sosial biasanya mempertimbangkan keadaan manusia yang dipengaruhi oleh faktor-faktor politik, ekonomi dan sosial yang dapat menempatkan orang pada risiko dan juga mengurangi kemampuan mereka untuk beradaptasi dengan risiko iklim (Abid *et al.* 2016). Menurut Birkmann (2006), analisis kerentanan berkembang dan digunakan dalam berbagai sektor.

Di sektor pertanian, kerentanan terhadap perubahan iklim didefinisikan sebagai tingkat kekurangan berdayaan suatu sistem usahatani dalam mempertahankan dan menyelamatkan tingkat produktivitasnya secara optimal dalam menghadapi cekaman perubahan iklim. Kerentanan terhadap perubahan iklim merupakan kondisi yang mengurangi kemampuan (manusia, tanaman dan ternak) beradaptasi dan/atau menjalankan fungsi fisiologis, perkembangan/fenologi, pertumbuhan dan produksi secara optimal (wajar) akibat cekaman perubahan iklim (Las *et al.* 2011). Pada dasarnya kerentanan bersifat dinamis sejalan dengan kehandalan teknologi, kondisi sosial-ekonomi, sumberdaya alam dan lingkungan.

Menurut IPCC (2001), kerentanan adalah derajat atau tingkat kemudahan suatu sistem terkena atau ketidakmampuannya menghadapi dampak buruk dari perubahan iklim, termasuk keragaman dan iklim eskstrem. Kerentanan (*vulnerability*) juga menunjukkan tingkat kerentanan sistem terhadap atau ketidakmampuan sistem mengatasi dampak merusak dari

perubahan iklim termasuk keragaman dan kejadian iklim eskstrem. Kerentanan merupakan resultan dari sensitivitas dan kemampuan adaptif sistem. Menurut Boer (2015b) kerentanan menunjukkan besarnya selang toleransi (*coping range*) sistem terhadap perubahan iklim. Semakin sempit selang toleransi, maka semakin rentan sistem tersebut terhadap dampak perubahan iklim. Lebar selang toleransi berubah dengan waktu sejalan dengan berubahnya faktor yang menentukan selang toleransi ini. Menurut Farhangfar *et al.* (2015), kerentanan didefinisikan sebagai kemampuan individu untuk merespon, pulih dari atau beradaptasi dengan tekanan penghidupan sebagai akibat dari dampak perubahan lingkungan.

Pada saat ini terdapat 20 sampai 25 definisi kerentanan yang akan berdampak terhadap variasi indikator dan instrumen kerentanan. Demikian pula komponennya diperluas dengan memasukkan kerentanan fisik dan lingkungan termasuk sumberdaya lahan, iklim dan air. Pada prinsipnya kerentanan muncul dari interaksi kompleks antara sistem sosial-ekonomi, kelembagaan dan lingkungan. IPCC (2012) mendefinisikan kerentanan terhadap perubahan iklim sebagai interaksi antara tiga komponen, yaitu : 1) Besarnya dan durasi tingkat keterpaparan (*exposure*) terkait iklim, 2) Sensitivitas (*sensitivity*) dari sistem, dan 3) Kemampuan sistem untuk menahan atau pulih dari keterpaparan (*adaptive capacity*).

Tingkat keterpaparan menunjukkan derajat, lama dan atau besar peluang suatu sistem untuk kontak terhadap goncangan atau gangguan. Tingkat sensitivitas merupakan kondisi internal dari sistem yang menunjukkan derajat kerawanannya terhadap gangguan, sedangkan kemampuan adaptif menunjukkan kemampuan dari suatu sistem untuk melakukan penyesuaian (*adjust*) terhadap perubahan iklim sehingga potensi dampak negatif dapat dikurangi dan dampak positif dapat dimaksimalkan atau dengan kata lain kemampuan untuk mengatasi konsekuensi dari perubahan iklim (*to cope with the consequences*) (IPCC 2001, Boer 2015b). Hal ini disampaikan juga oleh Farhangfar *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa sensitivitas mencerminkan sejauh mana sistem yang diberikan merespon fluktuasi baik positif maupun negatif. Kapasitas adaptif didefinisikan sebagai kapasitas sistem untuk menyesuaikan diri dengan perubahan dan mengambil manfaat dari perubahan tersebut, sedangkan keterpaparan adalah kemungkinan sistem yang terkena perubahan dalam sebuah tekanan.

Untuk mengetahui status kerentanan suatu daerah, maka perlu dilakukan analisis tingkat kerentanannya. Tingkat kerentanan suatu sistem dapat ditetapkan berdasarkan indikator atau data yang secara langsung ataupun tidak langsung berhubungan dengan faktor keterpaparan, sensitivitas, dan kemampuan adaptif. Pengetahuan dan kemampuan untuk melihat dan memahami dengan baik hubungan antara data pembangunan (sebagai indikator) dan faktor penentu kerentanan diperlukan untuk memilih data yang tepat untuk menggambarkan kerentanan. Menurut Boer (2015b), tingkat kerentanan menunjukkan tingkat kemudahan suatu sistem terkena atau ketidakmampuannya untuk menghadapi dampak buruk dari perubahan iklim, termasuk keragaman iklim dan iklim esktrim.

Metode untuk menentukan tingkat kerentanan sangat banyak dan yang paling umum digunakan dengan menghitung nilai “Indeks Kerentanan” sebagai fungsi dari indikator-indikator penentu kerentanan dan menggunakan sistem pembobotan terhadap indikator sesuai dengan kedekatan/kepentingan indikator dalam menjelaskan faktor penentu kerentanan. Sampai sejauh ini, konsep IPCC inilah yang paling banyak digunakan di seluruh dunia dalam penilaian kerentanan, baik untuk publikasi ilmiah ataupun laporan kegiatan lembaga (Rositasari *et al.* 2010, Effendi 2012, Gain *et al.* 2012, Aldrian 2013, Pujiono dan Setyawati 2015, Takama *et al.* 2016). Untuk mendukung upaya pengurangan risiko dan dampak perubahan iklim tersebut, Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, KLHK mengembangkan Sistem Inventarisasi Data Indeks Kerentanan (SIDIK) yang menyajikan data dan informasi kerentanan perubahan iklim dengan satuan unit desa di seluruh Indonesia. Pada dasarnya SIDIK juga menggunakan konsep dan pendekatan IPCC untuk mendapatkan indeks kerentanan di suatu wilayah administrasi (Direktorat Adaptasi Perubahan Iklim 2015).

IPCC (2014) mengelompokkan tiga parameter sensitivitas, keterpaparan dan kapasitas adaptasi menjadi dua indikator, yaitu Indeks Keterpaparan dan Sensitivitas (IKS) dan Kapasitas Adaptasi (IKA). Dalam perkembangannya, IPCC (2014) melakukan modifikasi dalam pengelompokannya dan memisahkan keterpaparan sebagai faktor yang terpisah (Gambar 1). Metode ini pula yang diikuti oleh Balibangtan dalam analisis kerentanan pangan dan risiko iklim yang membagi menjadi Sensitivitas dan Keterpaparan (IKS) dan Kapasitas Adaptasi (IKA).



Sumber : IPCC (2014) *disitasi* oleh Perdinan (2016)

Gambar 1. Konsep interaksi antara kerentanan dan ancaman menjadi risiko

Figure 1. The concept of interaction between vulnerabilities and threats to a risk

Pada prinsipnya analisis kerentanan digunakan sebagai: 1) Alat diagnostik untuk memahami masalah-masalah dan faktor-faktor penyebab kerentanan, 2) Alat perencanaan sebagai dasar penetapan prioritas kegiatan serta urutan kegiatan yang direncanakan, 3) Alat pengukuran risiko untuk menilai risiko secara spesifik, dan 4) Alat untuk pemberdayaan dan mobilisasi kelompok masyarakat yang rentan (Benson *et al.* 2007). Analisis kerentanan merupakan bagian dari analisis risiko yang digunakan dalam mengelola risiko bencana. Namun demikian, dalam konteks kerentanan, kegiatan untuk mengukur tingkat kerentanan merupakan hal yang penting untuk membantu memprioritaskan dan merencanakan kegiatan, termasuk adaptasi terhadap perubahan iklim.

FAKTOR-FAKTOR PENENTU KERENTANAN TANAMAN PANGAN

Dalam tulisan ini, faktor kerentanan ditinjau dari tiga aspek yaitu: eksternal, internal dan Sistem Usaha Tani (SUT). Faktor eksternal mencakup semua faktor yang merupakan komponen dari kerentanan yaitu faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keterpaparan, sensitivitas dan kapasitas adaptasi. Faktor eksternal berupa keterpaparan meliputi keberadaan manusia, mata pencaharian, spesies/ekosistem, fungsi lingkungan hidup, jasa dan sumberdaya, infrastruktur atau aset ekonomi, sosial dan budaya di wilayah atau lokasi yang dapat mengalami dampak negatif. Contoh keterpaparan antara lain: jumlah produksi dan produktivitas, luas

lahan, jumlah penduduk rawan pangan, fraksi luas sawah, kepadatan penduduk dan lain-lain.

Sensitivitas lebih mengarah pada kondisi internal sistem itu sendiri yang menunjukkan derajat kerentanannya terhadap gangguan. Contoh dari sensitivitas adalah tingkat kesejahteraan keluarga, presentase penduduk miskin, PDB/PDRB perikanan dan pertanian, konsumsi pangan, hasil (*yield*), tingkat kesuburan tanah, ketersediaan sumberdaya air, pendapatan, iklim/cuaca dan sebagainya. Faktor iklim mencakup aspek perubahan dan variabilitas iklim yang berdampak pada terjadinya bahaya keamanan pangan di berbagai tahap rantai makanan mulai dari produksi primer hingga konsumsi. Beberapa faktor iklim yang mempengaruhi tingkat kerentanan tanaman pangan antara lain: perubahan suhu udara (maksimum dan minimum) dan pola curah hujan, peningkatan frekuensi dan intensitas kejadian cuaca ekstrem (banjir, kekeringan), serta pemanasan suhu muka laut. Perubahan iklim juga dapat mempengaruhi aspek sosial ekonomi yang berkaitan dengan sistem pangan seperti pertanian, produksi ternak, perdagangan global, demografi serta perilaku manusia yang semuanya mempengaruhi kerentanan pangan (Tirado *et al.* 2010). Terkait dengan perubahan iklim, tingkat sensitivitas sistem kehidupan manusia (*human system*) akan beragam menurut lokasi, waktu dan kondisi sosial-ekonomi dan lingkungannya. Sistem dimaksud meliputi pertanian (khususnya keamanan pangan), dan kehutanan, kawasan pantai, laut dan perikanan, pemukiman, energi dan industri, kesehatan manusia dan pelayanan keuangan dan asuransi lainnya.

Kapasitas adaptasi lebih mengarah pada kemampuan suatu sistem untuk melakukan penyesuaian. Beberapa contoh data yang termasuk dalam kapasitas adaptasi misalnya akses terhadap sarana produksi pertanian, akses transportasi atau distribusi, infrastruktur, teknologi, rasio tenaga penyuluh, jumlah kelompok tani, keberadaan sarana dan prasarana jalan dan sebagainya.

Selain faktor eksternal, faktor internal berupa fisiologis tanaman juga menjadi faktor penentu kerentanan tanaman pangan. Tanaman pangan yang sebagian besar berupa tanaman C-3 dan C-4 memiliki karakteristik yang spesifik. Tanaman C-3 lebih adaptif pada kondisi dengan kandungan CO₂ atmosfer tinggi, sedangkan tanaman C-4 lebih adaptif di daerah yang panas dan kering. Contoh tanaman C-3 adalah padi, gandum, kentang dan kacang-kacangan, sedangkan tanaman C-4 adalah jagung dan tebu. Tanaman C-3

dan C-4 memiliki mekanisme fotosintesis dan respirasi yang sangat tergantung cuaca terutama dalam proses fiksasi CO₂ yang sangat menentukan hasil.

Tanaman pangan yang rata-rata berumur pendek 3-4 bulan sangat peka terhadap variabilitas iklim. Kenaikan suhu udara akan berdampak terhadap penurunan produktivitas tanaman pangan karena peningkatan respirasi pada malam hari serta peningkatan serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Hasil penelitian Hosang *et al.* (2012) menunjukkan bahwa peningkatan suhu udara sebesar 2,5°C dan peningkatan curah hujan 25% akan menurunkan produktivitas padi dari 6,86 t ha⁻¹ menjadi 3,54 t ha⁻¹. Sementara itu hasil penelitian Handoko *et al.* (2008) memperlihatkan bahwa kenaikan suhu sebesar 2°C akan menyebabkan penurunan produksi gabah hingga 36,9%. Apabila curah hujan turun sebesar 246 mm tahun⁻¹ maka diperkirakan produksi gabah turun 4,6%, sedangkan apabila kedua faktor tersebut digabungkan, maka diperkirakan akan terjadi penurunan produksi padi sekitar 38%. Hasil penelitian Cheng *et al.* (2009) menunjukkan bahwa hasil padi meningkat secara signifikan dengan meningkatnya konsentrasi CO₂, tetapi menurun pada suhu malam hari yang tinggi. Secara umum, dari hasil penelitian Zhang *et al.* (2009) menunjukkan bahwa hasil padi lebih sensitif terhadap tekanan suhu tinggi (>35°C) dibandingkan dengan tekanan suhu rendah (<20°C). Menurunnya radiasi matahari akan menurunkan hasil padi 0,13 hingga 9,34%.

Dalam pertumbuhannya, tanaman juga membutuhkan CO₂ sebagai sumber karbon utama. Proses fotosintesis akan terpacu dengan meningkatnya konsentrasi CO₂. Selain itu peningkatan konsentrasi CO₂ akan meningkatkan pertumbuhan tanaman dan produktivitas pertanian. Sebaliknya kenaikan suhu udara mempunyai pengaruh yang kurang menguntungkan terhadap tanaman karena dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan pengaruh positif dari kenaikan konsentrasi CO₂. Pengaruh fisiologis utama dari kenaikan CO₂ adalah meningkatnya laju asimilasi (laju pengikatan CO₂ untuk membentuk karbohidrat, fotosintesis) di dalam daun. Efisiensi penggunaan faktor-faktor pertumbuhan lainnya seperti radiasi matahari, air dan nutrisi juga akan ikut meningkat. Jika konsentrasi CO₂ di atmosfer ditingkatkan, hasil dari kompetisi antara CO₂ dan O₂ akan lebih menguntungkan CO₂, sehingga fotorespirasi terhambat dan asimilasi akan bertambah besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meningkatnya suhu daun dari 15 °C ke 35 °C menyebabkan laju asimilasi bertambah besar. Meningkatnya

asimilasi dengan kenaikan suhu merupakan fenomena umum, sampai suhu optimum tercapai, lalu akan terjadi penurunan. Adanya kenaikan CO₂ di atmosfer akan merubah suhu optimum tanaman (June 2016).

Selain faktor iklim, ketersediaan air juga menjadi kunci keberhasilan tanam dan panen. Fenomena perubahan iklim yang menyebabkan anomali curah hujan akan mempengaruhi hasil panen karena setiap tanaman mempunyai standar jumlah air untuk tumbuh. Apabila intensitas curah hujan terlalu tinggi atau sangat rendah, maka pertumbuhan tanaman akan terganggu atau bahkan mati. Menurut De Datta (1981), tanaman padi membutuhkan 600-1.200 mm air selama 90-120 dari tanam hingga panen. Fase yang paling rentan terhadap kekurangan air adalah awal fase vegetatif, fase pembungaan dan fase pengisian bulir/polong (Vergara 1976, Biswas dan Choudhuri 1984, Mapegau 2006). Kekurangan air pada fase reproduktif berdampak pada penurunan produksi yang lebih besar dibandingkan pada masa vegetatif.

Sistem Usaha Tani (SUT) juga berperan dalam penilaian tingkat kerentanan tanaman pangan. Menurut FAO (1989) ada tiga sub sistem yang membangun usahatani, yaitu: penggunaan lahan, produksi ternak dan rumah tangga petani. Dalam tulisan ini lebih difokuskan pada penggunaan lahan dan rumah tangga petani. Penggunaan lahan yang didominasi oleh tanaman pangan atau semusim lebih sensitif terhadap kejadian iklim ekstrem seperti banjir, kekeringan dan OPT sehingga akan menyebabkan tingkat kerentanan pangan yang tinggi apabila tidak dilakukan tindakan antisipasi dan adaptasi. Untuk rumah tangga petani sangat dipengaruhi oleh tingkat pendidikan dan kesejahteraan petani. Semakin tinggi dan cukup tingkat pendidikan petani akan semakin memiliki kemampuan dalam mengelola risiko dan beradaptasi terhadap berbagai gangguan sehingga akan menurunkan tingkat kerentanan. Demikian pula semakin tinggi tingkat kesejahteraan petani, maka akan semakin memiliki kemampuan dalam menanggulangi berbagai risiko yang artinya semakin menurunkan tingkat kerentanan. Hasil penelitian Estiningtyas (2012c) di Kabupaten Indramayu menunjukkan bahwa sebagian besar (49%) petani berpendidikan tamatan SD dengan kepemilikan lahan (40%) yang masih sangat kecil (0,5-1 ha). Hal ini menyebabkan dampak kerugian yang timbul akibat kejadian iklim ekstrem berupa kekeringan sangat besar dan dominan terjadi di wilayah ini. Kejadian iklim ekstrem berupa kekeringan pada tahun 2007 menyebabkan penurunan produksi hingga 89% di Kabupaten Indramayu (Estiningtyas dan Hamdani 2015a). Masih terbatasnya informasi dan juga kemampuan dalam

memahami informasi menjadikan dampak yang dialami cukup besar.

Sebagai gambaran penelitian kerentanan pangan dan risiko iklim Badan Litbang Pertanian tahun 2016 melakukan penentuan indeks kerentanan berdasarkan 15 parameter yang mewakili indeks keterpaparan dan sensitivitas (IKS) serta enam parameter yang mewakili indeks kapasitas adaptasi (IKA), selengkapnya disajikan dalam Tabel 1 dan 2. Jenis parameter kerentanan bisa berbeda-beda tergantung pada sasaran dan tujuan yang ingin dicapai.

Tabel 1. Jenis parameter untuk mewakili keterpaparan dan sensitivitas

Table 1. Type of parameters representing exposure and sensitivity

Indikator	Nama
IKS 1	Rasio konsumsi beras terhadap total pangan karbohidrat
IKS 2	Konsumsi beras per kapita
IKS 3	Entropi (menunjukkan tingkat diversifikasi pangan)
IKS 4	Rasio pengeluaran untuk beras terhadap total pengeluaran untuk pangan
IKS 5	Persentase penduduk miskin
IKS 6	Rasio produksi padi dan jagung/populasi
IKS 7	Rasio produksi kedelai/populasi
IKS 8	Ketersediaan air
IKS 9	Tingkat kesuburan tanah
IKS 10	Rasio PDRB pertanian/total
IKS 11	GINI indeks (kesenjangan pendapatan)
IKS 12	Tipe iklim (Oldeman)
IKS 13	Rasio rumah tangga petani terhadap rumah tangga penduduk
IKS 14	Kepadatan penduduk
IKS 15	Rasio luas lahan pertanian pangan terhadap luas wilayah

Sumber: Estiningtyas *et al.* (2016)

Tabel 2. Jenis parameter untuk mewakili kapasitas adaptasi

Table 2. Type of parameters representing adaptation capacity

Indikator	Nama
IKA 1	Angka partisipasi sekolah
IKA 2	Panjang jalan berdasarkan kondisi permukaan
IKA 3	Rasio jumlah penyuluh/luas sawah
IKA 4	Rasio jumlah poktan/luas sawah
IKA 5	Rasio jumlah jenis alsintan/luas sawah
IKA 6	Rasio nilai konsumsi pangan terhadap nilai total pengeluaran rumah tangga

Sumber: Estiningtyas *et al.* (2016)

KERAGAAN DAN TINGKAT KERENTANAN PANGAN NASIONAL

Di Indonesia, penelitian terkait dengan kerentanan pangan telah dilakukan oleh beberapa instansi. Keragaan penelitian tentang kerentanan cukup beragam baik dari tema utama peta, level peta maupun lokasi (nasional, provinsi, kabupaten, kecamatan dan desa). Masing-masing peta disusun sesuai dengan kebutuhan, maksud dan tujuan setiap instansi yang bersangkutan. Beberapa instansi yang telah menyusun peta kerentanan antara lain Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan (*Food Security and Vulnerability Atlas-FSVA*) Nasional (Badan Ketahanan Pangan dan *World Food Programme* 2013), Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) (Aldrian 2016), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) bekerjasama dengan *Center for Climate Risk and Opportunity Management* (CCROM)-IPB (Boer *et al.* 2015a) dan Badan Litbang Pertanian (Las *et al.* 2014, dan Nursyamsi 2015).

Peta Kerentanan Pangan pertama Indonesia dikembangkan pada tahun 2005 oleh pemerintah Indonesia dan WFP, sedangkan edisi kedua diluncurkan langsung oleh Presiden Yudhoyono pada tahun 2010. Peta ini menganalisis dan mengklasifikasikan tingkat kerentanan pangan dengan menitikberatkan kepada aspek ketersediaan pangan, akses pangan oleh rumah tangga, dan pemanfaatan pangan oleh individu. Selain itu, peta tersebut juga berfungsi sebagai alat penyedia pembandingan berbentuk statistik yang berguna dalam penentuan sasaran geografis bagi pemerintah untuk mewujudkan situasi ketahanan pangan dan gizi dalam negeri.

BKP bekerjasama dengan WFP sejak tahun 2003 telah mengembangkan peta kerawanan pangan dan gizi secara geografis di seluruh Indonesia yang memungkinkan penentuan sasaran, memberi informasi tentang kebijakan dan memperbaiki rancangan program dalam mengurangi kerentanan terhadap kerawanan pangan dan gizi. Pada tahun 2005 kerjasama ini menghasilkan Peta Kerawanan Pangan yang mengidentifikasi 100 kabupaten paling rentan dan membutuhkan perhatian lebih. Peta tersebut terus diperbarui dan pada tahun 2009 menjadi Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan Nasional (*Food Security and Vulnerability Atlas*) yang mencakup 346 kabupaten di 32 provinsi. Hasil analisis indikator komposit yang diperoleh menempatkan kabupaten berdasarkan peringkat kerentanan terhadap kerawanan pangan dan gizi yang dikategorikan menjadi enam kelompok prioritas dan dipetakan berdasarkan kelompok prioritas tersebut. Peta disusun untuk

menjawab tiga pertanyaan kunci, yaitu: dimana wilayah paling rentan, berapa banyak orang terkena dampak serta mengapa mereka rentan.

Pada 2011 Kementerian Pertanian bersama dengan Badan Pangan Dunia (*The United Nations World Food Programme*, WFP) meluncurkan Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan untuk 14 Provinsi paling rentan pangan di Indonesia. Peta tersebut merupakan tindak lanjut dari peta versi nasional yang telah dipublikasikan sebelumnya pada tahun 2010. Adapun 14 provinsi tersebut adalah : Provinsi Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Gorontalo, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Lampung, Jambi, Bengkulu, Sumatera Selatan, Maluku dan Nanggroe Aceh Darussalam.

BMKG melakukan penelitian kerentanan dan adaptasi terhadap perubahan iklim terkait dengan tanaman padi di Bali yang merupakan salah satu lokasi yang dipengaruhi oleh perubahan iklim (Takama *et al.* 2016). Pendekatan yang dilakukan adalah bahwa kerentanan merupakan fungsi dari tiga faktor, yaitu: keterpaparan, sensitivitas dan kapasitas adaptasi. Parameter yang termasuk dalam keterpaparan yang berisiko akibat perubahan iklim antara lain populasi, sumberdaya dan faktor pendukung, sedangkan parameter perubahan iklim yang mempengaruhi sistem adalah muka air laut, suhu, presipitasi dan kejadian iklim ekstrem. Untuk faktor sensitivitas antara lain pengaruh perubahan iklim terhadap biofisik seperti perubahan hasil, *run off* dan kebutuhan energi, faktor sosial ekonomi seperti sistem pertanian. Karakteristik tanaman juga sangat sensitif tetapi tipe industri biasanya jauh kurang sensitif. Untuk kapasitas adaptasi merupakan fungsi dari kesehatan, teknologi, pendidikan, institusi, informasi, infrastruktur dan *social capital*. Peta yang dihasilkan terdiri atas peta indeks perubahan iklim, peta indeks keterpaparan, peta sensitivitas dan peta kapasitas adaptasi.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2015 telah menghasilkan peta indeks kerentanan dan risiko iklim desa di Nusa Tenggara Timur melalui kegiatan SPARC (*Strategic Plan of Action for Resilience Communities*). Kegiatan SPARC diarahkan pada upaya untuk meningkatkan ketangguhan masyarakat pedesaan serta kelembagaan untuk menghadapi dampak perubahan iklim yang ditekankan pada sektor yang rentan terkena dampak yaitu pertanian, sumberdaya air dan mata pencaharian (*livelihoods*). yang merupakan salah satu provinsi yang dinilai sangat rentan terhadap dampak perubahan

iklim. Pendekatan dan metode yang dilakukan adalah berdasarkan IPCC 2014 dimana indeks kerentanan dinilai berdasarkan tiga komponen yaitu keterpaparan, sensitivitas dan kemampuan adaptif serta dihubungkan dengan perubahan iklim, risiko dan upaya adaptasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kerentanan desa-desa di NTT secara umum mengalami penurunan sebagai dampak berhasilnya pelaksanaan kegiatan pembangunan dan memperbaiki faktor-faktor penentu tingkat kerentanan, Namun demikian frekuensi dan intensitas kejadian iklim ekstrem akan meningkat akibat perubahan iklim. Apabila kondisi tingkat kerentanan tidak banyak mengalami perubahan di masa depan, maka sebagian besar desa-desa di NTT akan memiliki tingkat risiko yang semakin meningkat (Boer *et al.* 2015a). Hasil penelitian Candradijaya *et al.* (2014) memperlihatkan bahwa masih rendahnya kapasitas adaptasi menjadikan rumah tangga pertanian di negara-negara berkembang pada umumnya rentan terhadap iklim dan kerawanan pangan. Meskipun belum ada kesepakatan perkiraan petani di dunia karena kurangnya standarisasi, namun diperkirakan di seluruh dunia berkisar dari 50-85%.

Badan Litbang Pertanian telah melakukan penelitian terkait kerentanan pangan sejak tahun 2013. Diawali dengan pendekatan berbasis konsumsi dan produksi untuk level Nasional berdasarkan data setiap provinsi. Analisis tingkat kerentanan didasarkan pada tiga komponen yaitu keterpaparan, sensitivitas dan kapasitas adaptasi. Pendekatan awal yang dilakukan adalah berdasarkan data konsumsi dan produksi yang dipilih menjadi tiga komponen tersebut dan belum memperhitungkan faktor sumberdaya lahan, iklim dan air. Selanjutnya tahun 2014 masih pada level nasional tetapi sudah memperhitungkan faktor iklim berupa tren bencana banjir dan kekeringan. Selain itu disusun juga peta pada level provinsi yang mewakili tiga tingkat kerentanan, yaitu Kalimantan Barat untuk tingkat kerentanan ekstrem tinggi, Jawa Timur untuk tingkat kerentanan sangat tinggi serta Sumatera Barat untuk tingkat kerentanan sedang. Hasil analisis dilengkapi juga dengan informasi faktor determinan di setiap tingkat kerentanan pada setiap provinsi. Faktor determinan dianalisis dengan diagram laba-laba (*spider*) dimana faktor yang paling menonjol menjadi faktor determinannya. Sebagai contoh hasil penelitian Las *et al.* (2014) tentang kerentanan pangan dan risiko iklim level provinsi di seluruh Indonesia menyebutkan bahwa pada provinsi dengan tingkat kerentanan tinggi, faktor determinannya adalah panjang jalan berdasarkan kondisi permukaan serta luas tanam dan panen.

Penelitian kerentanan dan risiko iklim Badan Litbang pertanian terus dikembangkan dengan meningkatkan level peta menjadi level Kabupaten di seluruh Pulau Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara pada tahun 2015. Selanjutnya pada tahun 2016 analisis kerentanan pangan dan risiko iklim dikembangkan lagi dengan memperhitungkan faktor sumberdaya lahan, iklim dan air. Risiko iklim direpresentasikan dengan tren banjir dan kekeringan. Faktor sumberdaya lahan diwakili oleh kesuburan tanah, faktor iklim diwakili oleh sebaran bulan basah dan bulan kering, sedangkan faktor sumberdaya air diwakili oleh ketersediaan dan kebutuhan air yang dicerminkan dengan tingkat kekritisannya. Salah satu contoh peta kerentanan pangan dan risiko iklim disajikan dalam Gambar 2. Peta ini merupakan peta level provinsi yang sudah mencakup seluruh Indonesia dengan basis data provinsi tahun 2011. Peta dihasilkan dengan mengkombinasikan antara tingkat kerentanan pangan dan risiko iklim. Risiko iklim diwakili oleh tren bencana banjir dan kekeringan selama periode 1989-2014.

Berdasarkan hasil penelitian kerentanan pangan dan risiko iklim di Indonesia seperti disajikan dalam Gambar 2 memperlihatkan bahwa masih ada beberapa provinsi di Indonesia yang memiliki tingkat kerentanan pangan dan risiko iklim yang ekstrem tinggi. Hal ini disebabkan selain tingkat kerentanannya tinggi, tren bencana di wilayah tersebut juga meningkat. Provinsi yang termasuk dalam kelompok ini antara lain Daerah Istimewa Aceh, Kalimantan Barat, Sulawesi Barat, Sulawesi Tenggara serta Nusa Tenggara Barat. Untuk tingkat kerentanan pangan dan risiko iklim sangat tinggi dihasilkan berdasarkan dua kombinasi, yaitu apabila tingkat kerentanan pangan sangat tinggi dan tren bencana tetap atau tingkat kerentanan tinggi dengan tren bencana naik. Provinsi yang termasuk dalam kelompok ini antara lain Bengkulu, Jawa Timur, Sulawesi Utara, Nusa Tenggara Timur dan Maluku dan seterusnya. Seluruh provinsi di Indonesia dapat diidentifikasi tingkat kerentanan pangan dan risiko iklimnya. Secara keseluruhan masih sedikit provinsi dengan tingkat kerentanan pangan dan risiko iklim rendah yaitu Kepulauan Riau dan Bangka Belitung. Berdasarkan tingkat kerentanan pangan dan risiko iklim dapat dilakukan upaya adaptasi untuk menurunkan tingkat kerentanannya.

Hasil penelitian kerentanan pangan dan risiko iklim Badan Litbang Pertanian tahun 2016 memperlihatkan sebaran secara umum tingkat kerentanan pangan dan risiko iklim di Pulau Jawa pada level kabupaten (Gambar 3).



Sumber: (Las 2014)

Gambar 2. Peta Kerentanan Pangan dan Risiko Iklim level provinsi di Indonesia

Figure 2. Map of food vulnerability and climate risk provincial level in Indonesia



Sumber: Estiningtyas *et al.* (2016)

Gambar 3. Peta kerentanan usaha tani pangan dan risiko iklim level kabupaten di Pulau Jawa

Figure 3. Map of food farming vulnerability and climate risk districts level in Indonesia

Dari 7 tingkat kerentanan pangan serta risiko Banjir dan Kekeringan Kabupaten di Pulau Jawa teridentifikasi memiliki semua tingkatan. Kerentanan pangan serta risiko Banjir dan kekeringan kabupaten didominasi oleh tingkat kerentanan “sedang” yang mencakup 49 kabupaten di Pulau Jawa. Apabila risiko digabungkan antara tren banjir dan kekeringan, maka terdapat lima kabupaten yang memiliki tingkat kerentanan esktrm tinggi yaitu Kabupaten Pandeglang, Lebak, Tangerang, Serang, dan Situbondo. Sementara itu ada sekitar 18 kabupaten dengan tingkat kerentanan sangat tinggi, dan 13 kabupaten dengan tingkat kerentanan tinggi. Wilayah-wilayah ini yang perlu mendapat prioritas dan perhatian utama terkait dengan program dan aksi adaptasi terhadap perubahan iklim.

ARAH DAN STRATEGI MENGURANGI TINGKAT KERENTANAN TANAMAN PANGAN

Kerentanan merupakan kecenderungan untuk mengalami dampak negatif yang disebabkan oleh meningkatnya sensitivitas dan keterpaparan serta kurangnya kapasitas adaptasi terhadap perubahan iklim. Menurut Seaman *et al.* (2014), perubahan iklim diperkirakan memberikan dampak yang parah terhadap populasi di negara berkembang karena sebagian besar sangat bergantung pada pertanian sebagai pemasukan, memiliki populasi penduduk miskin yang tinggi. Data dan informasi tentang tingkat kerentanan khususnya tanaman pangan menjadi sangat penting agar dapat dilakukan upaya adaptasi dalam rangka mengurangi tingkat kerentanan. Hal ini dinyatakan juga oleh Boer *et al.* (2015) bahwa tingkat kerentanan dapat dikurangi melalui upaya adaptasi. Penilaian tingkat kerentanan tanaman pangan merupakan pendekatan yang efektif untuk menurunkan dampak perubahan iklim dan kejadian iklim esktrm pada sistem pertanian. Inisiatif strategi adaptasi perubahan iklim dapat dilakukan melalui pemanfaatan inovasi teknologi pertanian dan pedoman umum adaptasi perubahan iklim sektor pertanian

Pertanyaan kunci dalam adaptasi sektor pertanian terhadap perubahan iklim adalah: 1) Bagaimana mengidentifikasi tingkat risiko iklim wilayah produksi pertanian, serta 2) Apa yang harus diprogramkan untuk wilayah tersebut. Pendekatan yang dapat dilakukan untuk pertanyaan pertama adalah: Pengembangan metode kajian risiko iklim,

identifikasi indikator kunci fokus sektor pertanian yang berkontribusi terhadap kerentanan, pemetaan tingkat kerentanan dan risiko iklim wilayah. Pertanyaan kedua didekati dengan rekomendasi langkah adaptasi perubahan iklim fokus sektor pertanian.

Untuk dapat menyusun arah dan strategi serta mengurangi tingkat kerentanan tanaman pangan, terlebih dahulu harus diketahui faktor determinan yang menjadi kunci utama kerentanan. Berdasarkan faktor determinan inilah selanjutnya disusun opsi-opsi adaptasinya yang disesuaikan dengan kondisi wilayah setempat. Sebagai gambaran berdasarkan hasil analisis tingkat kerentanan pangan (Las 2014) diperoleh bahwa faktor determinan pada wilayah dengan tingkat kerentanan esktrm tinggi adalah panjang jalan berdasarkan kondisi permukaan dan konsumsi beras. Artinya kondisi jalan dan konsumsi beras menjadi faktor utama mengapa wilayah tersebut rentan selain tren bencana yang meningkat. Upaya adaptasi lebih diarahkan untuk memperbaiki kondisi jalan atau menambah jalan guna mempermudah akses masyarakat setempat terkait kegiatan pertanaian dan yang lainnya. Selain itu upaya adaptasi juga diarahkan untuk mengurangi konsumsi beras misalnya dengan diversifikasi pangan dan sebagainya. Keberhasilan upaya adaptasi dapat dibantu dengan menjawab pertanyaan tentang: 1) Apa-program atau aktivitas yang bisa di koordinasi, integrasi, sinergi dan sinkronisasi, 2) Dimanalokasi prioritas, hal ini bisa dijawab dengan peta kerentanan pangan dan risiko iklim, 3) Kapan periode pelaksanaannya, dalam hal ini harus tepat waktu dan sasaran, 4) Siapa yang terlibat, yang tentunya dalam hal ini harus melibatkan pemerintah baik pusat maupun daerah serta masyarakat setempat dan 5) Bagaimana monitoring dan evaluasinya dilaksanakan guna mengetahui keberhasilan maupun efektivitas dari program yang diimplementasikan.

Undang-undang No. 9 tahun 2013 tentang Perlindungan dan Pemberdayaan Petani lahir dengan salah satu pertimbangan bahwa perubahan iklim cenderung meningkat, kerentanan terhadap bencana alam dan risiko usaha, globalisasi dan gejolak ekonomi global, serta sistem pasar yang tidak berpihak kepada petani, sehingga petani membutuhkan perlindungan dan pemberdayaan. Perlindungan Petani yang dimaksudkan dalam undang-undang ini adalah segala upaya untuk membantu Petani dalam menghadapi permasalahan kesulitan memperoleh prasarana dan sarana produksi, kepastian usaha, risiko harga, kegagalan panen, praktik ekonomi biaya tinggi, dan

perubahan iklim. Dengan demikian upaya-upaya adaptasi dalam rangka menurunkan tingkat kerentanan telah dijamin oleh Pemerintah untuk membantu petani menekan risiko yang dialaminya. Opsi adaptasi yang ditawarkan Pemerintah untuk memberikan perlindungan dan pemberdayaan petani adalah melalui Asuransi Pertanian. Saat ini Pemerintah Indonesia melalui Direktorat Prasarana dan Sarana Pertanian telah melaksanakan asuransi pertanian berbasis gagal panen sejak tahun 2012.

Berdasarkan aplikasi Asuransi Pertanian di beberapa lokasi tersebut menurut Pasaribu (2013) dapat dipelajari bahwa model Asuransi Pertanian yang dikembangkan saat ini masih pada sistem ganti-rugi berdasarkan biaya produksi (*Indemnity-based*). Berbagai model yang dapat dikembangkan dimasa datang adalah sistem ganti-rugi/indemnitas berdasarkan hasil panen dalam jumlah tonase (*Yield-based index*). Model lain yang diyakini dapat mengurangi masalah/konflik dalam hal kerusakan/kerugian adalah sistem perhitungan ganti-rugi berdasar penginderaan satelit (*Satellite image-based data*) dan indeks iklim (*Weather-based index*) (Estiningtyas, 2012a, 2012b, 2013, 2015b). Kajian dan pengenalan model-model tersebut dapat dilakukan sejalan dengan keikutsertaan petani dalam agro-ekosistem di berbagai wilayah dan beragam komoditas.

Dalam upaya adaptasi untuk mengurangi tingkat kerentanan, Pemerintah dapat melakukan intervensi kebijakan pertanian seperti melalui pendidikan petani, ketersediaan data, informasi dan model simulasi serta implementasi dari kebijakan dan strategis adaptasi.

PENUTUP

Analisis dan penyusunan peta kerentanan pangan telah dilakukan oleh beberapa instansi sesuai dengan tujuan dan target masing-masing yang ingin dicapai. Meskipun demikian, aspek sumberdaya lahan, iklim dan air belum diperhitungkan. Oleh karena itu perlu diperhitungkan aspek sumberdaya lahan, iklim dan air dalam penyusunan peta kerentanan pangan. Selain itu, risiko iklim juga diperhitungkan melalui tren bencana banjir dan kekeringan serta pola curah hujannya. Fokus peta kerentanan pangan adalah berbasis pada tanaman pangan khususnya padi sebagai sumber pangan utama masyarakat Indonesia.

Kerentanan terhadap perubahan iklim dan iklim ekstrem mencakup berbagai aspek, salah satunya adalah kerentanan pangan khususnya tanaman pangan.

Tingkat kerentanan tanaman pangan ditentukan oleh banyak parameter yang mewakili tiga kondisi yaitu sensitivitas, keterpaparan dan kapasitas adaptasi. Perubahan iklim dan iklim ekstrem merupakan ancaman terhadap sistem yang berupa risiko. Aspek risiko iklim yang direpresentasikan dengan tren banjir dan kekeringan juga diperhitungkan dalam menyusun kerentanan, sehingga dihasilkan peta kerentanan pangan dan risiko iklim berbasis sumberdaya lahan, iklim dan air.

Indikator kunci untuk penilaian tingkat kerentanan sektor pertanian perlu ditetapkan termasuk aturan pengumpulan datanya (konsistensi metode pengukuran dan periode pengumpulan data, mekanisme kerja antar sub-sektor dalam pengumpulan dan penyimpanan data). Faktor-faktor penentu tingkat kerentanan pangan secara garis besar terdiri atas faktor eksternal, yang mencakup sensitivitas, keterpaparan dan kapasitas adaptasi, faktor internal yang terkait dengan fisiologi tanaman itu sendiri serta faktor SUT.

Berdasarkan hasil penelitian Las (2014) keragaan dan tingkat kerentanan pangan nasional secara umum memperlihatkan masih terbatasnya wilayah atau provinsi di Indonesia yang relatif aman terhadap kerentanan pangan dan risiko iklim. Provinsi dengan tingkat kerentanan dan risiko iklim ekstrem tinggi antara lain Nangroe Aceh Darusalam, Kalimantan Barat, Sulawesi Barat, Sulawesi Tenggara dan Nusa Tenggara Barat. Untuk tingkat kerentanan dan risiko iklim sangat tinggi adalah Provinsi Bengkulu, Sulawesi Utara, Maluku dan Nusa Tenggara Timur. Porsi terbesar adalah pada tingkat kerentanan sedang. Provinsi dengan tingkat kerentanan dan risiko iklim sangat rendah adalah Kepulauan Riau dan Bangka Belitung. Namun sampai saat ini belum dapat dilakukan pengukuran secara kuantitatif pengaruh adaptasi terhadap penurunan tingkat kerentanan dan risiko iklim di suatu provinsi, walaupun secara tidak langsung aksi adaptasi yang dilakukan dapat meningkatkan kapasitas adaptasi maupun menurunkan sensitivitas dan keterpaparan terhadap perubahan iklim. Sebagai contoh Provinsi Kepulauan Riau dan Bangka Belitung dengan pendapatan daerah yang cukup tinggi mampu menyumbang terhadap peningkatan kapasitas adaptasi serta menurunkan tingkat keterpaparan dan sensitivitas sehingga tingkat kerentanannya rendah. Satu hal yang perlu dicatat, bahwa nilai indeks kerentanan dihasilkan dari kombinasi antara ketiga indikator yaitu sensitivitas, keterpaparan dan kapasitas adaptasi. Rendahnya tingkat kerentanan merupakan

hasil kombinasi rendahnya sensitifitas dan keterpaparan serta tingginya kapasitas adaptasi. Sebaliknya tingginya tingkat kerentanan adalah hasil kombinasi tingginya sensitivitas dan keterpaparan serta rendahnya kapasitas adaptasi.

Kajian kerentanan dan risiko iklim dapat membantu mengetahui tingkat kesenjangan (*gap*) antara tingkat intervensi (program) dan tingkat atau besar masalah. Hasil kajian indeks kerentanan dan risiko iklim dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam penetapan dan pengalokasian besar anggaran program penanganan dampak perubahan iklim. Penggunaan Indeks Kerentanan untuk mengukur Kinerja Sektor dalam penanganan risiko iklim perlu diterapkan yang diharapkan dapat mendorong sinergitas, sinkronisasi dan integrasi program antar berbagai pihak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini disusun sebagai bagian dari kegiatan Adaptasi Perubahan Iklim tahun 2016 yang dibiayai oleh DIPA BBSDLP. Terima kasih kepada Prof. Dr. Fahmuddin Agus dan Prof. Dr. Erna Sri Adiningsih yang telah memberikan masukan dan koreksi untuk perbaikan makalah ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Prof. Dr. Irsal Las yang telah memberikan saran dalam penelitian kerentanan pangan dan risiko iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, M., J. Schilling, J. Scheffran, dan F. Zulfikar. 2016. Climate change vulnerability, adaptation and risk perceptions at farm level in Punjab, Pakistan. *Science of The Total Environment*, 547: 447-450.
- Aldrian, E. 2013. Guideline peta kerentanan perubahan iklim pada sektor pertanian. Bahan presentasi pada Workshop Nasional Capacity Development for Climate Change. Vulnerability Assessment in Indonesia. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Jakarta 29 April 2013.
- Aldrian, E. 2016. Dukungan Penelitian Klimatologi Terapan Terhadap Sektor Pertanian. Bahan tayang dalam rapat koordinasi dan FGD Kelompok Peneliti Agroklimat. Bogor, 20 Juni 2016.
- Badan Ketahanan Pangan dan World Food Programme. 2013. Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan (Food Security and Vulnerability Atlas-FSVA) Nasional 2013. Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian dan World Food Programme.
- Benson, C., J. Twigg, dan T. Rossetto. 2007. Tools for Mainstreaming DRR: Guidance Notes for Development Organizations. Provention Consortium. Geneva-Switzerland.
- Birkmann, J. 2006. Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies. United Nations University New York.
- Biswas, K. Ajoy, dan M.A. Choudhuri. 1984. Effect of water stress at different developmental stages of field-grown rice. *Journal Biologia Plantarum*. 26 (4):263-264.
- Boer, R., Perdinan, A. Faqih, S. Amanah, dan A. Rakhman. 2015a. Kerentanan dan Pengelolaan Risiko Iklim Pada Sektor Pertanian, Sumberdaya Air dan Sumber Kehidupan Masyarakat Nusa Tenggara Timur (NTT). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Boer, R. 2015b. Kerentanan Sektor Pertanian Terhadap Perubahan Iklim. Bahan tayang dalam FGD Kerentanan, Bogor 24 April 2016.
- Candradijaya, A., C. Kusmana, Y. Syaikat, L. Syaufina, dan A. Faqih. 2014. Smallholder Farm Households' Vulnerability and Adaptation to Climate-induced Food Insecurity, *British Journal of Applied Science & Technology* 4(36):4974-499.
- Cheng, W., H. Sakai, K. Yagi, dan T. Hasegawa. 2009. Interactions of elevated [CO₂] and night temperature on rice growth and yield. *Agricultural and Forest Meteorology* 149:51-58.
- De Datta dan K. Surajit. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons. Canada.
- Direktorat Adaptasi Perubahan Iklim. 2015. SIDIK Sistem Informasi Data Indeks Kerentanan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta. 100p.
- Effendi, M. 2012. Kajian tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim dan strategi adaptasi berbasis DAS (Studi kasus: Sub DAS Garang Hulu). Tesis Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro.
- Estiningtyas, W., R. Boer, I. Las, dan A. Buono. 2012a. Analisis Usahatani Padi untuk Mendukung Pengembangan Asuransi Indeks Iklim (*Weather Index Insurance*) : Studi Kasus di Kabupaten Indramayu. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* 15(2). Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian.
- Estiningtyas, W. 2012b. Pengembangan Model Asuransi Indeks Iklim untuk Meningkatkan Ketahanan Petani Padi Menghadapi Perubahan Iklim. Disertasi. Program Studi Klimatologi Terapan. Fakultas Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Estiningtyas, W., R. Boer, I. Las, dan A. Buono. 2012c. Analisis Usahatani Padi untuk Mendukung Pengembangan Asuransi Indeks Iklim (*Weather Index Insurance*) : Studi Kasus Di Kabupaten Indramayu. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* 15(2). Balai Besar Pengkajian dan Penerapan Teknologi Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Estiningtyas, W., I. Las, dan H. Syahbuddin. 2013. Pengembangan Asuransi Indeks Iklim pada Usahatani Padi untuk Menghadapi Perubahan Iklim. Buku Politik

- Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD PRESS.
- Estiningtyas, W. dan A. Hamdani. 2015a. Respon Perilaku Usahatani Padi Terhadap Risiko Iklim Eskrem dan Serangan OPT. Jurnal Meteorologi dan Geofisika 16(1). Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika.
- Estiningtyas, W. 2015b. Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Iklim: Opsi Pemberdayaan dan Perlindungan Petani Terhadap Risiko Iklim. Jurnal Sumberdaya Lahan 9(1). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Estiningtyas, W., H. Syahbuddin, Sumaryanto, A. Mulyani, D. Setyorini, B. Kartiwa, A. Rakhman, E. Susanti, E. Surmaini, Suciantini, Y. Apriyana, A. Pramudia, Y. Sarvina, H. Kurniawan, A.A. Nugroho, R.P. Samudera, dan A.S. Hutami. 2016. Analisis dan Pemetaan Tingkat Kerentanan Pangan Terhadap Anomali Iklim (*El-Nino, La-Nina*). Laporan akhir. Balai Penelitian Agroklimate dan Hidrologi, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- FAO. 1989. Farming Systems Development: Concepts, Methods, Applications. Rome, Italy: Agricultural Services Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Farhangfar, Sarvenaz, M. Bannayan, H.R. Khazaei, dan M.M. Baygi. 2015. Vulnerability assessment of wheat and maize production affected by drought and climate change. International Journal of Disaster Risk Reduction. 13:37-51.
- Gain, A.K., C. Giupponi, dan F.G.Renaud. 2012. Climate change adaptation and vulnerability assessment of water resources systems in developing countries: a generalized framework and a feasibility study in Bangladesh. Water 4(2):345-366
- Handoko, Y. Sugiarto, dan Y. Syaikat. 2008. Keterkaitan Perubahan Iklim dan Produksi Pangan Strategis: Telaah Kebijakan Independen Dalam Bidang Perdagangan dan Pembangunan. SEAMEO BIOTROP dan Partnership for Government Reform in Indonesia.
- Hosang, P.R., J. Tatuh, dan J.E.X. Rogi. 2012. Analisis Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Beras Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2013-2030. Eugenia 18(3).
- IPCC. 2014. Climate Change 2014 : Impact, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- IPCC. 2001. Impacts Adaptation and Vulnerability : Insurance and Other Financial Services. Working Group 2 Chapter 8. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- June, T. 2016. Kenaikan CO₂ dan Perubahan Iklim: Implikasinya Terhadap Pertumbuhan Tanaman. <http://buletin.tripod.com/tania/tania1.htm>. Diakses pada tanggal 28 Juni 2016.
- Krishnamurthy, P.K., K. Lewis, dan R.J. Choularton. 2014. A methodological framework for rapidly assessing the impacts of climate risk on national-level food security through a vulnerability index. Global Environmental Change 25:121-132.
- Las, I. E. Runtunuwu, E. Surmaini, W. Estiningtyas, Suciantini, I. Amien, P. Rejekiningrum, N. Pujilestari, A. Unadi, F. Agus, E. Susanti, A. Pramudia, H. Syahbuddin, A.K. Makarim, Irawan, Suwandi, K.G. Mudiarsa, A. Wijayanti, N. Sutrisno, P. Noble, Wahyunto, A. Thalib, A. Hamdani, dan Haryono. 2011. Road Map Strategi Sektor Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Las, I. 2014. Koordinasi Litbang dan Kajian Analisis-Sintesis Kebijakan Perubahan Iklim pada Sektor Pertanian. Laporan Akhir DIPA 2014. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Mapegau. 2006. Pengaruh cekaman air terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr). J. Ilmiah Pertanian 41:43-51.
- Matthews, R.B., M.J. Kropff, T. Horie, dan D. Bachelet. 1997. Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluating option for adaptation. Agricultural System 54:99-425.
- Matthews, R.B. dan R. Wassmann. 2003. Modelling the impacts of climate change and methane emission reductions on rice production: a review. European Journal of Agronomy 19:573-598.
- Naylor, R.L., W.P. Falcon, dan D. Rochberg. 2001. Using El Niño/Southern Oscillation climate data to predict rice production in Indonesia. Climatic Change 50:255-265.
- Nursyamsi, D. 2015. Koordinasi Litbang dan Kajian Analisis-Sintesis Kebijakan Perubahan Iklim pada Sektor Pertanian. Laporan Akhir DIPA 2015. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Pasaribu, S.M. 2013. Asuransi Pertanian untuk Melindungi Petani dari Risiko Iklim. Makalah disampaikan dalam Workshop Sustained Partnerships and Capacity for Climate Risk Management yang diselenggarakan oleh PERHIMPI, CCROM SEAP-IPB, dan Earth Institute, Columbia University. Bogor, 18 Desember 2013.
- Peng, S., J. Huang, J.E. Sheehy, R.C. Laza, R.M. Visperas, X. Zhong, G.S. Centeno, G.S. Khush, dan K.G. Cassman. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. In Proc Natl Acad Sci USA 2004 Jul 6;101(27):9971-5. Epub 2004 Jun 28. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15226500>.
- Perdinan. 2016. Perubahan Iklim dan Sektor Pertanian : Pertimbangan dalam Penyusunan Indikator Risiko. Bahan tayang dalam diskusi Kerentanan. Bogor.
- Pujiono, E. dan R. Setyowati. 2015. Penilaian Tingkat Kerentanan Sumberdaya Air Terhadap Variabilitas Iklim di DAS Aesesa, Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur. Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan 12(3):177-195.
- Ratnasari, D.S. dan P. Kusumawardani. 2015. Spatial modelling for food vulnerability using remote sensing data and GIS (study case in Klungkung Regency, Bali), Procedia Environmental Sciences 24:15-24.
- Rositasari, R., B. Wahyu, H.S. Indarto, Hasanuddin, dan P. Bayu. 2011. Kajian dan prediksi kerentanan pesisir

- terhadap perubahan iklim: Studi kasus di pesisir Cirebon. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 3(2):52-64.
- Seaman, J.A., G.E. Sawdon, J. Acidri, dan C. Petty. 2014. The Household Economy Approach. Managing the impact of climate change on poverty and food security in developing countries. *Climate Risk Management* 4:59-68.
- Sheehy, J.E., P.L. Mitchell, dan A.B. Ferrer. 2006. Decline in rice grain yields with temperature: Models and correlations can give different estimates. *Field Crop Res.* 98:151-156.
- Takama, T., E. Aldrian, S.D.A Kusumaningtyas, dan W. Sulistya. 2016. Identified Vulnerability Contexts for a Paddy Production Assessment with Climate Change in Bali Indonesia. *Climate and Development*, 2016. <http://dx.doi.org/10.1080/17565529.2016.1167658>.
- Tirado, M.C, R. Clarke, L.A. Jaykus, A. McQuatters-Gollop, dan J.M. Frank. 2010. Climate change and food safety: A review. *Food Research International* 43:1745-1765.
- Vergara, B.S. 1976. Physiological and Morphological adaptability of rice varieties climate. Pp 67-86. *In* Climate and Rice. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.
- Zhang Shuai, F. Tao, dan Z. Zhang. 2009. Changes in extreme temperatures and their impacts on rice yields insouthern China from 1981 to 2009. *Field Crops Research* 189:43-50. Elsevier.